

A1

**ENGINE INTERNAL EGR AMOUNT ESTIMATING METHOD,
ADJUSTABLE VALVE CONTROLLING METHOD USING THE SAME,
CYLINDER INTAKE AIR AMOUNT CALCULATING METHOD, AND
IGNITION TIMING CONTROLLING METHOD**

Patent Number: JP2001221105
Publication date: 2001-08-17
Inventor(s): KAWASAKI HISAO;; ARAI KATSUHIRO
Applicant(s): NISSAN MOTOR CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001221105
Application Number: JP20000367770 20001201
Priority Number(s):
IPC Classification: F02M25/07; F02D13/02; F02D21/08; F02D41/02; F02D41/04; F02D43/00; F02P5/15
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To estimate internal EGR amount with high accuracy.
SOLUTION: A basic value of internal EGR amount without overlapping is calculated (S2), and when overlapping, increasing correction amounts (S5, S6, S7) due to overlapping calculated by considering overlap time, a center crank position thereof, and intake air pressure are added to calculate internal EGR amount (S8). A target closing timing of an intake air valve is calculated to a target air amount correcting valve obtained by adding the internal EGR amount to a calculated target air amount (S1).

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-221105
(P2001-221105A)

(43)公開日 平成13年8月17日(2001.8.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	マークシート(参考)
F 0 2 M 25/07	5 5 0	F 0 2 M 25/07	5 5 0 M 5 5 0 R
F 0 2 D 13/02 21/08	3 0 1	F 0 2 D 13/02 21/08	K 3 0 1 A 3 0 1 G

審査請求 未請求 請求項の数21 OL (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-367770(P2000-367770)
(22)出願日 平成12年12月1日(2000.12.1)
(31)優先権主張番号 特願平11-344216
(32)優先日 平成11年12月3日(1999.12.3)
(33)優先権主張国 日本(JP)

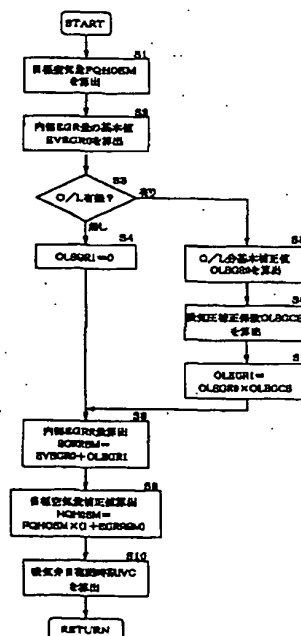
(71)出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(72)発明者 川崎 尚夫
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 荒井 勝博
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(74)代理人 100078330
弁理士 笹島 富二雄

(54)【発明の名称】 エンジンの内部EGR量推定方法と、該内部EGR量推定値を用いた可変動弁制御方法、シリンダ吸入空気量算出方法および点火時期制御方法

(57)【要約】

【課題】内部EGR量を高精度に推定する。

【解決手段】オーバーラップ無し条件での内部EGR量の基本値を算出し(S2)、オーバーラップ時は、オーバーラップ時間とその中心クランク角位置、及び吸気圧を考慮して算出したオーバーラップによる増量補正分(S5, S6, S7)を、前記基本値に加算して内部EGR量を算出し(S8)、算出された目標空気量(S1)に前記内部EGR量を加算して求めた目標空気量補正値に対して吸気弁の目標閉時期を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】排気弁の閉時期を可変制御できる可変動弁装置を備えたエンジンにおいて、排気弁の閉時期と、吸気弁の開時期と、エンジン回転速度と、に基づいて、内部EGR量を推定することを特徴とするエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項2】前記内部EGR量の推定に用いる排気弁の閉時期として、目標値を用いることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項3】排気弁の閉時期とエンジン回転速度とに基づいて、内部EGR量の基本値を算出し、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップしないときは、該基本値をそのまま内部EGR量として推定し、オーバーラップするときは、該オーバーラップ状態に応じて前記基本値を補正して内部EGR量を推定することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項4】排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、前記オーバーラップ状態に応じて設定したオーバーラップ補正量を前記基本値に加算して内部EGR量の推定値を算出することを特徴とする請求項3に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項5】排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気上死点と排気弁の閉時期との間隔が増大するにしたがって、前記基本値を増大することを特徴とする請求項3または請求項4に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項6】排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を増大することを特徴とする請求項3～請求項5のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項7】排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を減少することを特徴とする請求項3～請求項6のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項8】排気弁の開期間と吸気弁の開期間とのオーバーラップ量が増大するほど前記オーバーラップ補正量を増大することにより、内部EGR量の推定値を増大することを特徴とする請求項4～請求項7のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項9】排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、該閉時期の排気上死点からの遅角量が増大するにしたがって、前記オーバーラップ補正量を減少することにより、内部EGR量の推定値を減少することを特徴とする請求項4～請求項8のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項10】吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって、前記オーバーラップ補正量を増加することにより、内部EGR量の推定値を増大することを特徴とする請求項8または請求項9に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項11】前記オーバーラップ量により決定した基本補正値を、吸気圧と前記排気弁の閉時期とに基づいて決定した吸気圧補正量を用いて補正することにより、前記オーバーラップ補正量を算出することを特徴とする請求項8～請求項10のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項12】前記オーバーラップ量は、オーバーラップ量相当のクランク角期間を時間換算した値を用いることを特徴とする請求項4～請求項11のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項13】前記オーバーラップ量に基づいて中間値を決定し、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、前記基本補正値を前記中間値に一致して設定し、前記排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、該閉時期が該排気上死点からの遅角量と比例する減少補正量を、前記中間値から減算した値に前記基本補正値を設定することを特徴とする請求項11または請求項12に記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項14】吸気圧、排気弁の閉時期およびオーバーラップ量に応じた吸気圧補正量として吸気圧補正係数を決定し、前記基本補正値に該吸気圧補正係数を乗じて前記オーバーラップ補正量を算出することを特徴とする請求項11～請求項13のいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項15】吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって前記吸気圧補正量を増大し、排気弁の閉時期が排気上死点後にあり、かつ、吸気負圧の絶対値が所定値より高いときは、該閉時期の該排気上死点からの遅角量に応じて前記吸気圧補正量を増大することを特徴とする請求項11～請求項14にいずれか1つに記載のエンジンの内部EGR量推定方法。

【請求項16】吸気弁および排気弁の開閉時期を可変制御できる可変動弁装置を備えたエンジンにおいて、前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、エンジンの運転状態に基づいて目標空気量を算出し、前記内部EGR量の推定値と前記目標空気量の算出値とに基づいて、吸気弁の目標閉時期を算出し、該算出された目標閉時期となるように吸気弁の閉時期を制御することを特徴とする可変動弁の制御方法。

【請求項17】前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、該内部EGR量の推定値を用いてシリンダに吸入される空気量を算出することを特徴とするエンジンのシリンダ吸入空気量算出方法。

【請求項18】前記内部EGR量の推定値と、吸気弁閉時期から算出されるシリンダ容積とに基づいてシリンダ内の体積空気を算出すると共に、吸気マニホールド内の質量空気を算出し、該シリンダ内の体積空気と吸気マニホールド内の質量空気および吸気マニホールド容積とに基づいてシリンダに吸入される質量空気を算出することを特徴とする請求項17に記載のエンジンのシリンダ吸入空気量算出方法。

【請求項19】前記吸気マニホールド内の質量空気量は、該吸気マニホールド内への質量空気の流入量と流出量の収支計算を行って算出することを特徴とする請求項18に記載のエンジンのシリンダ吸入空気量算出方法。

【請求項20】前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、該内部EGR量の推定値を用いて点火時期を制御することを特徴とするエンジンの点火時期制御方法。

【請求項21】前記内部EGR量の推定値に基づいてシリンダ内の全ガス量に対する残ガス量の質量比である残ガス率を算出し、該残ガス率に基づいて燃焼速度を算出し、該燃焼速度に基づいて点火開始から燃焼圧力がピークとなるまでの燃焼反応時間を算出し、該燃焼反応時間に基づいてMBT（最大トルク発生点火時期）を算出して、該MBTとなるように点火時期を制御することを特徴とする請求項20に記載のエンジンの点火時期制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、吸・排気弁の開閉時期を任意に変換制御できるエンジンにおいて、内部EGR量を推定し、また、該推定された内部EGR量を用いて可変動弁の制御、シリンダ吸入空気量の算出および点火時期制御を行う技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来一般のエンジンでは、スロットル弁の開度によって吸入空気量を制御するが、近年、電磁駆動式の吸・排気弁を備え、主として吸気弁の開閉時期の制御によって吸入空気量を制御するようにしたものが提案されている（特開平10-37727号公報参照）。

【0003】この種の吸入空気量制御では、スロットル弁を備えない場合は略大気圧に維持される吸気圧力、またスロットル弁を併用する場合はスロットル弁開度に応じた吸気圧力に対し、吸気弁の開閉時期により決定される有効吸気行程に応じたシリンダ吸入空気の体積量を制御することで、要求トルクに応じた目標空気量（要求吸入空気量）を得るように制御することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記のように主として吸気弁の開閉時期によって吸入空気量を制御する場合、燃焼室内の残ガス量（内部EGR量）に加えて

目標空気量相当の新気量がシリンダ内に含まれるピストン位置で吸気弁を閉じるように制御する必要がある。

【0005】前記可変動弁の場合、吸・排気弁のオーバーラップの有無及びオーバーラップ量の変化によって、内部EGR量は大きく変化する。特に、電磁駆動式などの開閉の応答性が高い可変動弁の場合は、オーバーラップ期間中は排気弁及び吸気弁が共に略全開状態でオーバーラップするので、内部EGR量の変化が大きい。したがって、目標空気量に対応した吸気弁の開閉時期を、内部EGR量に対して固定的な補正又は所定の運転状態のみを考慮した単純な補正を行なったのでは、良好な吸入空気量制御についてはエンジントルク制御を行えないことが判明した。また、運転状態に応じて、適度な内部EGR量を得るべく排気弁の目標閉時期、吸気弁の目標開時期等を設定し、それに合わせて吸気弁の目標閉時期を補正したとしても、実際の内部EGR量は、バルブタイミング以外の要因によっても大きく変化するので良好な制御を行なうことができない。

【0006】以上のことから、可変動弁で応答性良く制御するためには、過渡的に大きく変化する内部EGR量を正確に把握することが要求される。また、シリンダ吸入空気量を高精度にフィードバック制御し、さらにはそれによって高精度な空燃比制御を行うこと、その他の目的でシリンダ吸入空気量を高精度に推定したり、点火時期を燃焼効率が最適となるように制御するためなどにも、内部EGR量を正確に把握することが要求される。

【0007】本発明は、このような従来の課題に着目してなされたもので、吸・排気弁の開閉時期を可変制御するエンジンにおいて、内部EGR量を応答性よく高精度に推定し、さらには各種エンジン制御を良好に行えるようにすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1にかかるエンジンの内部EGR量推定方法の発明は、排気弁の開閉時期を可変制御できる可変動弁装置を備えたエンジンにおいて、排気弁の開閉時期と、吸気弁の開閉時期と、エンジン回転速度と、に基づいて、内部EGR量を推定することを特徴とする。

【0009】請求項1に係る発明によると、排気弁の開閉時期と、吸気弁の開閉時期とに基づいて吸・排気弁のオーバーラップ状態と、排気弁閉時のシリンダ内残ガス容積とが求められ、これらとエンジン回転速度とから排気の吹き返しの影響などを考慮して、内部EGR量を高精度に推定することができる。

【0010】また、請求項2に係る発明は、前記内部EGR量の推定に用いる排気弁の開閉時期として、目標値を用いることを特徴とする。請求項2に係る発明によると、センサによって排気弁の開閉時期を検出する場合に比較して、制御の目標値を用いることで簡素化できる。

【0011】また、請求項3に係る発明は、排気弁の開

時期とエンジン回転速度とに基づいて、内部EGR量の基本値を算出し、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップしないときは、該基本値をそのまま内部EGR量として推定し、オーバーラップするときは、該オーバーラップ状態に応じて前記基本値を補正して内部EGR量を推定することを特徴とする。

【0012】請求項3に係る発明によると、吸・排気弁のオーバーラップが無い状態での内部EGR量の基本値を、排気弁の目標閉時期とエンジン回転速度とに基づいて算出した上で、オーバーラップがあるときは、吹き返し等による内部EGR量の増量があるので、該オーバーラップ状態に応じて前記基本値を補正することにより、内部EGR量を推定する。

【0013】このようにすれば、吸・排気弁のオーバーラップが無い状態での内部EGR量の基本値は、排気弁の閉時期により大方は決まるが、エンジン回転速度により多少の変化を伴うので、該エンジン回転速度も考慮することにより、高精度に算出され、オーバーラップがあるときは、該基本値をオーバーラップ状態に応じて補正することで、高精度に内部EGR量を推定できる。

【0014】また、請求項4に係る発明は、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、前記オーバーラップ状態に応じて設定したオーバーラップ補正量を前記基本値に加算して内部EGR量の推定値を算出することを特徴とする。請求項4に係る発明によると、前記基本値は吸・排気弁のオーバーラップが無い状態での内部EGR量として算出され、オーバーラップ補正量は、オーバーラップ状態に応じた影響分が設定されるので、これらを加算して容易に内部EGR量を推定することができる。

【0015】また、請求項5に係る発明は、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気上死点と排気弁の閉時期との間隔が増大するにしたがって、前記基本値を増大することを特徴とする。請求項5に係る発明によると、内部EGR量の基本値は、吸・排気弁のオーバーラップが無い状態でシリンダ内に残留する既燃ガス量であり、該既燃ガス量は、排気弁の閉時期におけるピストン位置で定まるシリンダ容積が最小となる排気上死点で最小となり、排気上死点からの間隔が増大してシリンダ容積が増大するにしたがって増大する。

【0016】したがって、上記特性に合わせて基本値を設定することで適正に基本値を設定できる。また、請求項6に係る発明は、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を増大することを特徴とする。

【0017】請求項6に係る発明によると、同一ピストン位置でも排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、残留ガスがやや圧縮された状態で排気弁が閉じ、エ

ンジン回転速度が大きいときほど慣性により圧縮度合いが増大して残ガス量（内部EGR量）が増大する。そこで、上記傾向にしたがって基本値を排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を増大することにより、基本値を適正値に設定することができる。

【0018】また、請求項7に係る発明は、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とがオーバーラップするときには、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を減少することを特徴とする。同一ピストン位置でも排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、一旦排気通路に排出した排気をシリンダ内に引き戻す状態で排気弁が閉じるので、排気の戻りに遅れを生じる分、残留ガス量つまり内部EGR量は減少する。そして、その傾向は、エンジン回転速度 N_e が大きいときほど慣性が大きくなって、強められる。

【0019】そこで、上記傾向にしたがって基本値を排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、エンジン回転速度が大きいときほど、前記基本値を減少することにより、基本値を適正値に設定することができる。また、請求項8に係る発明は、排気弁の開期間と吸気弁の開期間とのオーバーラップ量が増大するほど前記オーバーラップ補正量を増大することにより、内部EGR量の推定値を増大することを特徴とする。

【0020】請求項8に係る発明によると、基本的に吸・排気弁のオーバーラップ量が増大するほど、オーバーラップ中に排気のシリンダ内へ戻り量が増大して内部EGR量が増大するので、この傾向に応じてオーバーラップ補正量を増大することにより、内部EGR量の推定値を適正に増大できる。

【0021】また、請求項9に係る発明は、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、該閉時期の排気上死点からの遅角量が増大するにしたがって、前記オーバーラップ補正量を減少することにより、内部EGR量の推定値を減少することを特徴とする。請求項9に係る発明によると、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときのオーバーラップ中はピストンが下降しているため、該閉時期が排気上死点から離れるほどシリンダ内の吸入負圧が発達して吸気ポート内の吸気負圧との差圧が小さくなって、排気が吸気ポートへ吹き返しされにくくなり、また、非オーバーラップ時と比較したときの排気のシリンダ内への戻り量の差も小さくなる。つまりオーバーラップによる内部EGR量の増量分は、排気弁の閉時期が排気上死点から離れるに従って減少する。

【0022】そこで、排気弁閉時期の排気上死点からの遅角量が増大するにしたがって、前記オーバーラップ補正量を減少することにより、内部EGR量の推定値を適正値に算出することができる。また、請求項10に係る発明は、吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって、前

記オーバーラップ補正量を増加することにより、内部EGR量の推定値を増大することを特徴とする。

【0023】請求項10に係る発明によると、吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって、排気圧との差圧が増大するので、オーバーラップ中にシリンダ内に戻されまたは吸気ポートへの吹き返し後にシリンダ内に吸入される排気量が増大する。そこで、吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって、前記オーバーラップ補正量を増加することにより、内部EGR量の推定値を適正に増大できる。

【0024】また、請求項11に係る発明は、前記オーバーラップ量により決定した基本補正値を、吸気圧と前記排気弁の閉時期とに基づいて決定した吸気圧補正量を用いて補正することにより、前記オーバーラップ補正量を算出することを特徴とする。請求項11に係る発明によると、既述のオーバーラップ量に応じた内部EGR量の特性に基づいて決定した基本補正値を、既述の吸気圧と前記排気弁の閉時期に応じた特性に基づいて決定した吸気圧補正量を用いて補正することにより、前記オーバーラップ補正量を適正値に算出することができる。

【0025】また、請求項12に係る発明は、前記オーバーラップ量は、オーバーラップ量相当のクランク角期間を時間換算した値を用いることを特徴とする。請求項12に係る発明によると、吸・排気弁のオーバーラップによる内部EGR量の変化は、オーバーラップされている時間の間に生じるものであるから、オーバーラップ量相当のクランク角期間を時間換算した値を用いることにより、オーバーラップの基本補正値を適正値に算出することができる。

【0026】また、請求項13に係る発明は、前記オーバーラップ量に基づいて中間値を決定し、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、前記基本補正値を前記中間値に一致して設定し、前記排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、該閉時期が該排気上死点からの遅角量と比例する減少補正量を、前記中間値から減算した値に前記基本補正値を設定することを特徴とする。

【0027】請求項13に係る発明によると、既述したように、オーバーラップ量の増大に応じて内部EGR量は増大し、かつ、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、オーバーラップ中吸気ポートへの吹き返しが支配的となるので、排気弁閉時期によらず内部EGR量の増量分は略一定となり、一方、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、排気上死点からの遅角量が増大するにしたがって、オーバーラップ中の内部EGR量の増量分が減少する。

【0028】そこで、オーバーラップ量の増大に応じて設定した中間値を、排気弁の閉時期が排気上死点前にあるときは、そのまま基本補正値として設定し、排気弁の閉時期が排気上死点後にあるときは、該閉時期が該排気上死点からの遅角量と比例する減少補正量を、前記中間

値から減算して基本補正値として設定することで、基本補正値を適正値に算出することができる。

【0029】また、請求項14に係る発明は、吸気圧と排気弁の閉時期に応じた吸気圧補正量として吸気圧補正係数を決定し、前記基本補正値に該吸気圧補正係数を乗じて前記オーバーラップ補正量を算出することを特徴とする。請求項14に係る発明によると、既述の吸気圧と排気弁の閉時期に応じたオーバーラップ中の内部EGR量の変化に基づいて吸気圧補正係数を決定し、前記基本補正値に該吸気圧補正係数を乗じることで、オーバーラップ補正量を容易に適正値に算出することができる。

【0030】また、請求項15に係る発明は、吸気負圧の絶対値が増大するにしたがって前記吸気圧補正量を増大し、排気弁の閉時期が排気上死点後にあり、かつ、吸気負圧の絶対値が所定値より高いときは、該閉時期の該排気上死点からの遅角量に応じて前記吸気圧補正量を増大することを特徴とする。

【0031】請求項15に係る発明によると、既述のように吸気負圧の絶対値が増大するにしたがってオーバーラップ中の内部EGR量が増大するので吸気圧補正量を増大する一方、排気弁閉時期が排気上死点から離れるほどオーバーラップの有無によるシリンダ内の圧力の差が小さくなるので排気の戻り量の増量分が減少する傾向があるが、吸気負圧の絶対値が所定以上増大すると、やはりオーバーラップの有無によるシリンダ内の圧力の差が大きくなって増量分が大きく維持されるので、吸気負圧の絶対値が小さいときより、吸気圧補正量を増大する。

【0032】これにより、吸気圧に応じて高精度に吸気圧補正量が設定されるので、オーバーラップ補正量を適正値に算出することができる。また、請求項16に係る可変動弁の制御方法の発明は、吸気弁および排気弁の開閉時期を可変制御できる可変動弁装置を備えたエンジンにおいて、前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、エンジンの運転状態に基づいて目標空気量を算出し、前記内部EGR量の推定値と前記目標空気量の算出値とに基づいて、吸気弁の目標閉時期を算出し、該算出された目標閉時期となるように吸気弁の閉時期を制御することを特徴とする。

【0033】請求項16に係る発明によると、既述のようにして高精度に推定された内部EGR量と、エンジン運転状態毎に算出した目標空気量とに基づいて、吸気弁の目標閉時期が算出され、該目標閉時期となるように吸気弁の閉時期が制御される。このようにすれば、エンジン運転状態に応じて吸・排気弁のオーバーラップの有無、オーバーラップ量の変化等により大きく変化する内部EGR量を逐次高精度に推定しつつ吸気弁の閉時期を補正制御するので、目標吸入空気量に見合った新気量が得られ、高精度なトルク制御を行える。

【0034】また、請求項17に係るエンジンのシリン

ダ吸入空気量算出方法の発明は、前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、該内部EGR量の推定値を用いてシリンダに吸入される空気量を算出することを特徴とする。請求項17に係る発明によると、既述のようにして高精度に推定された内部EGR量を用いることにより、シリンダに吸入される全ガス量から内部EGR量を減算した量であるシリンダ吸入空気量を高精度に算出することができる。

【0035】また、請求項18に係る発明は、前記内部EGR量の推定値と、吸気弁閉時期から算出されるシリンダ容積とに基づいてシリンダ内の体積空気量を算出すると共に、吸気マニホールド内の質量空気量を算出し、該シリンダ内の体積空気量と吸気マニホールド内の質量空気量および吸気マニホールド容積とに基づいてシリンダに吸入される質量空気量を算出することを特徴とする。

【0036】請求項18に係る発明によると、吸気弁閉時期からシリンダ容積すなわちシリンダに吸入される全体積ガス量が算出され、該全体積ガス量から前記内部EGR量(体積)の推定値を減算することでシリンダに吸入される体積空気量が算出される。吸気マニホールド内の圧力、温度と、吸気行程終了時のシリンダ内の圧力、温度が等しいと仮定すれば、吸気マニホールド内の質量空気量を吸気マニホールド容積で除算した吸気マニホールド内の空気密度とシリンダ内の空気密度が等しいので、この関係を用いてシリンダに吸入される質量空気量を算出することができる。

【0037】また、請求項19に係る発明は、前記吸気マニホールド内の質量空気量は、該吸気マニホールド内の質量空気の流れと流出量の収支計算を行って算出することを特徴とする。請求項19に係る発明によると、エアフローメータなどで検出される吸気マニホールド内への質量空気の流れと、シリンダに吸入される質量空気量として逐次算出される吸気マニホールド内からの質量空気の流れと、の収支計算を行うことで、吸気マニホールド内の質量空気量を逐次高精度に算出することができる。

【0038】また、請求項20に係るエンジンの点火時期制御方法の発明は、前記請求項1～請求項15のいずれか1つに記載された内部EGR量の推定方法を用いて内部EGR量を推定し、該内部EGR量の推定値を用いて点火時期を制御することを特徴とする。請求項20に係る発明によると、既述のようにして高精度に推定された内部EGR量を用いることにより、燃焼状態を高精度に把握して点火時期を適正に制御することができる。

【0039】また、請求項21に係る発明は、前記内部EGR量の推定値に基づいてシリンダ内の全ガス量に対する残ガス量の質量比である残ガス率を算出し、該残ガス率に基づいて燃焼速度を算出し、該燃焼速度に基づい

て点火開始から燃焼圧力がピークとなるまでの燃焼反応時間を算出し、該燃焼反応時間に基づいてMBT(最大トルク発生点火時期)を算出して、該MBTとなるように点火時期を制御することを特徴とする。

【0040】請求項21に係る発明によると、内部EGR量に基づいて算出した残ガス率により燃焼速度を高精度に推定でき、以って、過渡時にもMBTを正確に算出して、最適な点火時期制御を行え、ひいては燃費を向上できる。

【0041】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の一実施形態を示す可変動弁エンジンのシステム図である。エンジン1の各気筒のピストン2により画成される燃焼室3には、点火栓4を囲むように、電磁駆動式の吸気弁5及び排気弁6を備えている。7は吸気通路、8は排気通路である。

【0042】吸気弁5及び排気弁6の電磁駆動装置(可変動弁装置)の基本構造を図2に示す。弁体20の弁軸21にプレート状の可動子22が取り付けられており、この可動子22はスプリング23、24により中立位置に付勢されている。この可動子22の下側に開弁用電磁コイル25が配置され、上側に閉弁用電磁コイル26が配置されている。

【0043】そして、エンジン1の始動前にこれら開弁用電磁コイル25及び閉弁用電磁コイル26を交互に通電して可動子22を共振させ、振幅が十分大きくなったところで、いずれかの電磁コイルに可動子22を吸着保持する。その後は、閉弁から開弁させる際は、可動子22を吸着している上側の閉弁用電磁コイル26への通電を停止した後、スプリング23の付勢力で可動子22を下方に移動させ、下側の開弁用電磁コイル25に十分接近したところから該開弁用電磁コイル25を通電して可動子22を吸着することにより、弁体20をリフトさせて開弁させる。

【0044】逆に、開弁から閉弁させる際は、可動子22を吸着している下側の開弁用電磁コイル25への通電を停止した後、スプリング24の付勢力で可動子22を上方へ移動させ、上側の閉弁用電磁コイル26に十分接近したところから該閉弁用電磁コイル26を通電して、可動子22を吸着することにより、弁体20をシート部に着座させて閉弁させる。

【0045】なお、本実施形態では、可変動弁装置として、電磁駆動式のものを用いたが、油圧駆動式のもの等を用いることもできる。図1に戻って、吸気通路7には、マニホールド部の上流に、吸入空気量を検出するエアフローメータ9、開度を電子制御されるスロットル弁10が設けられ、各気筒毎の吸気ポート部分に、電磁式の燃料噴射弁11が設けられている。

【0046】ここにおいて、吸気弁5、排気弁6、スロットル弁10、燃料噴射弁11及び点火栓4の作動は、

コントロールユニット12により制御され、このコントロールユニット12には、エンジン回転に同期してクランク角信号を出力しこれによりエンジン回転速度を検出可能なクランク角センサ13、アクセル開度（アクセルペダルの踏み量）を検出するアクセルペダルセンサ14等から、信号が入力されている。

【0047】そして、アクセル開度、エンジン回転速度等のエンジンの運転条件に基づいて目標トルクが得られるように主として吸気弁5の閉時期の制御によって吸入空気量が制御される。また、排気エミッション特にNOx排出量低減のため、運転条件に応じて適度な内部EGR量に制御されるように、排気弁6の閉時期と吸気弁5の開時期と（さらには、排気弁6の開時期）が制御されるが、実際には、内部EGR量はこれらのバルブタイミング以外の要因によっても変化するので、運転状態毎に内部EGR量を推定し、該推定された内部EGR量に応じて吸気弁5の閉時期を補正制御する。

【0048】また、前記各種センサ類により検出された値に基づいて、吸入空気量が検出され、該吸入空気量に基づいて前記燃料噴射弁9からの燃料噴射量が制御される。以下に、本発明に係る内部EGR量の推定に基づく第1の実施形態として、吸気弁の閉時期制御の実施形態を、図に基づいて説明する。図3は、メインルーチンのフローチャートである。

【0049】ステップ1では、アクセルペダルセンサ14によって検出されたアクセル開度及びクランク角センサ13によって検出されたエンジン回転速度等を読み込み、これらの運転状態パラメータに基づいて、要求トルクに見合った目標空気量FQH0EMを算出する。ステップ2では、内部EGR量の吸・排気弁のオーバーラップが無い状態における基本値VEGR0を算出する。該算出は、図4のサブルーチンに従って行なわれる。即ち、ステップ21、22でエンジン回転速度Neと排気弁の目標閉時期（EVC）を読み込み、ステップ23でこれらに基づいて、図7に示すような特性データに基づいて作成されたマップテーブルを検索して、内部EGR量の基本値VEGR0を、前記目標空気量FQH0EMに対するEGR率として算出する。該基本値VEGR0は、吸・排気弁のオーバーラップが無い状態でシリンダ内に残留する既燃ガス量であるから、排気弁の閉時期EVCにおけるピストン位置で定まるシリンダ容積が小さいほど少なくなり、図7に示すように排気上死点で最小となるが、同一ピストン位置でもEVCが排気上死点前にあるとき（以下適宜BTDCという）は、残ガスがやや圧縮された状態で排気弁が閉じるのに対し、EVCが排気上死点後にあるとき（以下適宜ATDCという）は、一旦排気通路に排出した排気をシリンダ内に引き戻す状態で排気弁6が閉じるので、排気の戻りに遅れを生じる分、残ガス量つまり内部EGR量は減少する。またその傾向は、慣性によるものであるため、エンジン

回転速度Neによっても変化する、エンジン回転速度Neが大きいたとえど慣性が大きくなって、内部EGR量に及ぼす影響が大きくなる。特に、排気弁の閉時期EVCがATDCにあるときは排気の流れが変換するため慣性の影響が大きいため、エンジン回転速度Neの増大による内部EGR量の減少量が大きくなる。また、排気上死点から離れたところでは、ピストンスピードが大きいのでエンジン回転速度Neの変化による内部EGR量の変化量が増大する。

【0050】図3に戻って、ステップ3では、排気弁6の目標閉時期EVCと吸気弁5の目標開時期IVOとがオーバーラップしているか否かを判定する。そして、オーバーラップしていないと判定されたときには、ステップ4へ進んでオーバーラップによる内部EGR量の補正量OLEGR1を0にセットする。これにより、内部EGR量は、前記基本値VEGR0に決定される。

【0051】また、ステップ3で吸・排気弁がオーバーラップしていると判定された場合は、ステップ5へ進んで、該オーバーラップ時の基本補正值OLEGR0を算出する。該算出は、図5のサブルーチンに従って行なわれる。即ち、図5のステップ31、32、33でエンジン回転速度Ne、排気弁6の目標閉時期EVC、吸気弁5の目標開時期IVOを順次読み込み、ステップ34で、これらの入力値に基づいて、次式によりオーバーラップ量（クランク角期間）をオーバーラップ時間OLTIMEに換算する。

【0052】
$$OLTIME = (EVC - IVO) / Ne$$
次いで、ステップ35では、前記オーバーラップ時間OLTIMEに基づいて、予めオーバーラップ時間OLTIMEに対応して設定された値OLEGC0をマップテーブルから検索する。ここで、オーバーラップ時間OLTIMEの増大によって内部EGR量が増大するので、前記値OLEGC0は、オーバーラップ時間OLTIMEの増大に応じて増大して設定されている。

【0053】ステップ36では、排気弁6の目標閉時期EVCがBTDCにあるかATDCにあるかを判別する。ステップ36で、EVCがBTDCにあると判定されたときは、ステップ37へ進んで、前記ステップ35で検索された値OLEGC0を、そのままオーバーラップ時の基本補正值OLEGR0として設定する。

【0054】また、ステップ36でEVCがATDCにあると判定されたときは、ステップ38へ進んで、前記の検索値OLEGC0を目標閉時期EVCに応じて次式のように補正した値を、オーバーラップ時の基本補正值OLEGR0として設定する。
$$OLEGR0 = OLEGC0 - EVC \text{ (上死点後の遅角量)} \times \text{定数}$$
即ち、内部EGR量の基本値に対する吸・排気弁のオーバーラップ時における変化量（増量）は、オーバーラップ量（時間）が同一でも、排気弁の閉時期EVCによって吹き返しの影響度が異なることなどによって異なる。図8は、エン

EVC
or
EVC
BTDC

ジン回転速度 N_e 、吸気圧一定の条件で、複数のオーバーラップ量（時間）について、EVCによる内部EGR量の増量分の変化を示したものである。図示のように、EVCがBTDCにあると判定されたときは、オーバーラップによる内部EGR量の増量はEVCによらず略一定に維持される。これは、EVCがBTDCにあるときは、オーバーラップ中にシリンダ内の既燃ガスは、排気ポートへの掃気よりも低圧側の吸気ポート側への吹き返しの方が支配的になっていき、該吹き返された既燃ガスがその後の吸気行程で再度吸い込まれるためEGR率として略一定になるからである。したがって、前記ステップ37のように、EVC（上死点前の進角量）による補正は行わない。

【0055】一方、EVCがATDCにあると判定された場合は、オーバーラップ中はピストンが下降しているため、吸気ポート側への吹き返し量は減少し、かつ、EVCが上死点から離れるほどシリンダ内の吸入負圧が発達して吸気ポート内の吸気負圧との差圧が小さくなるので、吹き返しされにくくなる。また、オーバーラップ時は非オーバーラップ時と比較すると、吸気弁が開いてシリンダ内に吸気負圧が伝達されることにより排気ポートからシリンダへの排気の戻り量が増大し（掃気効率が低下する）、その分内部EGR量が増大するが、この増量分は、オーバーラップ期間が上死点付近にあるときは大きい、オーバーラップ期間が上死点から離れるに従って小さくなると考えられる。即ち、オーバーラップ期間が上死点に近いときには、吸気弁が開かれない非オーバーラップ時と比較して、シリンダ内が吸気負圧を受ける影響が大きいので、排気の戻りによる内部EGR量の増量分は大きい。これに対し、オーバーラップ期間が上死点から離れているときは、この期間に吸気弁が開かれない非オーバーラップ条件でピストン下降により増大するシリンダ内の吸入負圧と、オーバーラップにより吸気ポートからシリンダに伝わる吸気負圧との差が小さくなるため、排気の戻り量は、オーバーラップ時と非オーバーラップ時とで、差が小さくなる。つまりオーバーラップによる排気の戻りによる内部EGR量の増量分は、オーバーラップ期間（又はEVC）が上死点から離れるに従って減少する。

【0056】以上のような理由で、図8に示すように、EVCがATDCにあるときは、オーバーラップによる内部EGR量の増量は、EVCが上死点から離れるに従って減少する。したがって、前記ステップ38のように、EVC（上死点後の遅角量）に比例する減量補正を行なう。

【0057】図3に戻って、ステップ6では、前記のようにして算出されたオーバーラップ時の基本補正值OLEGR0を吸気圧（ブースト圧）に応じて補正するための補正係数OLEGCBを算出する。即ち、前記基本補正值OLEGR0は、吸気圧一定（-50mmHg）の条件で

のオーバーラップ時の内部EGR量増量分として算出されたが、オーバーラップ量（時間）、EVCが同一であっても吸気圧が変化すると、それによってオーバーラップ時の吹き返し量等が変化するので、該吸気圧に応じた補正を行なう必要がある。即ち、スロットル弁を備えず吸気圧が略大気圧一定で制御される場合は、補正の必要はないが、ブレーキ用のバキューム圧や蒸発燃料、プロパイガスの吸気系への吸引負圧を必要とする場合には、前記スロットル弁10の開度を適度に絞って所定の吸気圧に制御した上で、吸気弁5の閉時期による吸入空気量制御を行う場合には、前記吸気圧に応じた補正が必要である。

【0058】該吸気圧に応じた補正係数OLEGCBの算出は、図6のサブルーチンに従って行なわれる。即ち、ステップ41では前記スロットル弁開度制御による吸気圧制御において算出される目標吸気圧を読み込み、ステップ42では、排気弁6の目標閉時期EVCを読み込み、ステップ43ではこれらに基づいて、図9に示すような特性データに基づいて作成されたマップテーブルを検索して、吸気圧に応じた補正係数OLEGCBを検索する。図9は、吸気圧（負圧）=-50mmHg時での内部EGR量の増量分に対する吸気圧=-100mmHg、-300mmHg時での内部EGR量の増量分の倍率を示したものである（オーバーラップ量[クランク角]を20°、40°とした4通りのデータ）。図示のように、吸気圧=-100mmHgのときは、EVC（オーバーラップ期間の中心）の変化によらず、略2倍で一定であるのに対し、吸気圧=-300mmHgのときは、EVCがBTDCにあるときは、3～4倍程度で略一定であるが、ATDCにあるときは、上死点から離れるほど比例的に倍率が増大する。これは、吸気圧一定（-50mmHg）の条件でEVCがATDCにあるときは、既述したように上死点から離れるほどオーバーラップの有無によるシリンダ内の圧力の差が小さくなるので排気の戻り量の増量分が減少する傾向があるが、吸気負圧が-300mmHg程度まで増大すると、やはりオーバーラップの有無によるシリンダ内の圧力の差が大きくなるため増量分が大きく維持されるので、-50mmHg時に対して倍率が大きくなると考えられるためである。

【0059】図3に戻って、ステップ7では、ステップ5で算出した基本補正值OLEGR0に、ステップ6で算出した吸気圧に応じた補正係数OLEGCBを乗じて、最終的なオーバーラップ時の内部EGR量の補正量OLEGR1を算出する。そして、ステップ8では、ステップ2で算出された内部EGR量の基本値EVEGR0に、上記のようにして算出されたオーバーラップ時の補正量OLEGR1を加算して増量補正することにより、最終的な内部EGR量EGRREMを推定演算する（次式参照）。

【0060】 $EGRREM = EVEGR0 + OLEGR$
以上のように本発明に係る推定方法を用いることによ

り、内部EGR量を高精度に推定することができる。次いでステップ9では、ステップ1で算出した目標空気量FQHOFMを、前記内部EGR量に基づいて補正することにより、目標空気量補正值HQHOFMを算出する(次式参照)。なお、この補正は、目標空気量自体を変更するわけではなく、内部EGR量によって目標空気量(新気量)を得るための吸気弁閉時期が変わることに応じた便宜上の補正である。つまり、目標空気量に内部EGR量を加算したシリンダ内の総ガス量を目標空気量として算出したものである。

【0061】

$HQHOFM = FQHOFM \times (1 + EGRREM)$
ステップ10では、前記目標空気量補正值HQHOFMに基づいて、吸気弁5の目標閉時期IVCを算出する。これにより、前記目標閉時期IVCに応じた制御信号が前記電磁駆動装置に出力され、吸気弁5が目標閉時期IVCで閉弁するように制御される。

【0062】このようにすれば、エンジン運転状態に応じて吸・排気弁のオーバーラップの有無、オーバーラップ量の変化等により大きく変化する内部EGR量を逐次高精度に推定しつつ吸気弁の閉時期を補正制御するので、目標吸入空気量に見合った新気量が得られ、高精度なトルク制御を行える。次に、上記のようにして、前記図3のステップ8までに示した本発明に係る推定方法によって算出された内部EGR量に基づいて、シリンダ吸入空気量を高精度に検出する第2の実施形態について説明する。システム構成については、図1に示したものと同様であるので説明を省略するが、燃料噴射弁11による燃料噴射量は、基本的には、エアフローメータ9により計測される吸入空気量(質量流量)Qaに基づいて後述のごとく算出されるシリンダ吸入空気量(シリンダ部空気質量)Ccに対し、所望の空燃比となるように制御する。

【0063】以下、上記燃料噴射量等の制御のための第2の実施形態に係るシリンダ吸入空気量(シリンダ部空気質量)Ccの算出について、図10の全体ブロック図、図11～図15の各ルーチンのフローチャート等により、詳細に説明する。ここで、図1中に示すように、エアフローメータ14により計測される吸入空気量(質量流量)をQa(kg/h)とするが、1/3600を乗じて、(g/msec)として扱う。

【0064】また、吸気マニホールド部の圧力をPm(Pa)、容積をVm(m³;一定)、空気質量をCm(g)、温度をTm(K)とする。また、シリンダ部の圧力をPc(Pa)、容積をVc(m³)、空気質量をCc(g)、温度をTc(K)とする。更に、シリンダ内新気割合をη(%)とする。

【0065】また、吸気マニホールド部とシリンダ部とで、Pm=Pc、Tm=Tc(圧力及び温度は変化しない)と仮定する。図11は吸気マニホールド部流入空気

量算出ルーチンのフローチャートであり、所定時間Δt(例えば1msec)毎に実行される。ステップ51では、エアフローメータ14の出力より吸入空気量Qa(質量流量; g/msec)を計測する。

【0066】ステップ52では、吸入空気量Qaの積分計算により、所定時間Δt毎にマニホールド部へ流入する空気量Ca(空気質量; g)=Qa・Δtを算出する。図12はシリンダ部空気体積量算出ルーチンのフローチャートであり、所定時間Δt毎に実行される。ステップ61では、吸気弁5の閉時期IVC、吸気弁5の開時期IVO、排気弁6の閉時期EVCを検出する。尚、これらは吸気弁5及び排気弁6に対しリフトセンサを設けて直接的に検出してもよいが、第1の実施形態と同様、コントロールユニット12での制御上の指令値(目標値)を用いることで簡素化できる。

【0067】ステップ62では、吸気弁5の閉時期IVCから、その時のシリンダ容積を算出し、目標Vc(m³)とする。ステップ63では、吸気弁5の開時期IVO、排気弁6の閉時期EVC、エンジン回転速度Neに基づいて、第1の実施形態で説明した方法によって、内部EGR量X(v)(前述の内部EGR量EGRREMに相当)を推定算出する。

【0068】ステップ64では、前記目標Vc(シリンダ容積)と、前記内部EGR量X(v)である残ガス量とに基づいて、次式によりシリンダ内新気割合η(%)を算出する。

$$\eta = (\text{シリンダ容積} V_c - \text{残ガス量}) / \text{シリンダ容積} V_c$$

すなわち、吸気弁5の開時期IVOと排気弁6の閉時期EVCとにより、オーバーラップ量が定まり、オーバーラップ量が多くなる程、残ガス量(内部EGR量)が大となるので、オーバーラップ量に基づく上式により、シリンダ内新気割合ηを求める。また、可変動弁エンジンでは、オーバーラップ量の制御により内部EGRを自在に制御できるので、一般にはEGR装置(外部EGR)は設けないが、設ける場合は、前記残ガス量として、前記内部EGR量に外部EGR量を加算した値を用いて、シリンダ内新気割合ηを求める。

【0069】ステップ65では、目標Vc(吸入容積)にシリンダ内新気割合ηを乗じて、目標空気量相当の実Vc(m³)=Vc・ηを算出する。この実Vc(m³)は、シリンダ吸入空気量(体積量)に相当する。なお、外部EGR量=0のときは、吸入容積Vcから内部EGR量を減算しても、実Vcを求めることもできる。ステップ66では、次式のごとく、実Vc(m³)にエンジン回転速度Ne(rpm)を乗じて、Vc変化速度(体積流量; m³/msec)を算出する。

$$Vc \text{ 変化速度} = \text{実} V_c \cdot Ne \cdot K$$

ここで、Kは単位を揃えるための定数で、K=(1/30)×(1/1000)である。1/30は、Ne(r

pm)をNe (180deg/sec)に変換するためのものであり、 $1/1000$ は、 V_c (m^3/sec)を V_c ($m^3/msec$)に変換するためのものである。

【0071】また、一部気筒の稼働を停止させる制御を行う場合は、次式による。

$$V_c \text{ 変化速度} = \text{実} V_c \cdot Ne \cdot K \cdot n / N$$

n/N は一部気筒の稼働を停止させる場合の稼働率であり、 N は気筒数、 n はそのうちの稼働気筒数である。従って、例えば4気筒エンジンで、1気筒の稼働を停止させている場合は、 $n/N = 3/4$ となる。尚、特定気筒の稼働を停止させる場合は、当該気筒の吸気弁及び排気弁を全閉状態に保持した上で、燃料カットを行う。

【0072】ステップ67では、 V_c 変化速度 (体積流量; $m^3/msec$) の積分計算により、単位時間 (1 msec) あたりにシリンダに吸入される空気量であるシリンダ部空気体積量 V_c (m^3) = V_c 変化速度 $\cdot \Delta t$ を算出する。図13は連続計算 (マニホールド部吸気収支計算及びシリンダ部空気質量算出) ルーチンのフローチャートであり、所定時間 Δt 毎に繰り返し実行され

$$C_c = V_c \cdot C_m / V_m$$

この(1)式は、次のように求められる。気体の状態方程式 $P \cdot V = C \cdot R \cdot T$ より、 $C = P \cdot V / (R \cdot T)$

$$C_c = P_c \cdot V_c / (R \cdot T_c)$$

となる。

【0076】ここで、 $P_c = P_m$ 、 $T_c = T_m$ と仮定す

$$C_c = P_m \cdot V_c / (R \cdot T_m)$$

となる。一方、気体の状態方程式 $P \cdot V = C \cdot R \cdot T$ より、 $P / (R \cdot T) = C / V$ であるので、マニホールド

$$P_m / (R \cdot T_m) = C_m / V_m$$

となる。

【0077】この(4)式を(3)式に代入すれば、 $C_c = V_c \cdot [P_m / (R \cdot T_m)] = V_c \cdot [C_m / V_m]$

となり、上記(1)式が得られる。以上のように、ステップ71、72を繰り返し実行することにより、すなわち図10に示すように連続計算することにより、シリンダ吸入空気量であるシリンダ部空気質量 C_c (g) を求めて、出力することができる。尚、ステップ71、72の処理順序は逆でもよい。

【0078】図14は、後処理ルーチンのフローチャートである。ステップ81では、次式のごとく、シリンダ部空気質量 C_c (g) を加重平均処理して、 C_{ck} (g) を算出する。

$$C_{ck} = C_{ck} \times (1 - M) + C_c \times M$$

M は加重平均定数であり、 $0 < M < 1$ である。

【0079】ステップ82では、加重平均処理後のシリンダ部空気質量 C_{ck} (g) をサイクル周期に対応させるため、エンジン回転数 Ne (rpm) を用いて、 C_{ck} (g/cycle) = $C_{ck} / (120 / Ne)$

る。

【0073】ステップ71では、マニホールド部吸気収支計算 (マニホールド部空気質量 C_m の収支計算) のため、次式のごとく、マニホールド部空気質量の前回値 $C_m(n-1)$ に、図10のルーチンで求めたマニホールド部へ流入する空気質量 C_a (= $Q_a \cdot \Delta t$) を加算し、また、マニホールド部からシリンダ部へ流出するシリンダ吸入空気量であるシリンダ部空気質量 $C_c(n)$ を減算して、マニホールド部空気質量 $C_m(n)$ (g) を算出する。

$$C_m(n) = C_m(n-1) + C_a - C_c(n)$$

ここで用いる $C_c(n)$ は前回のルーチンで次のステップ72により算出された C_c である。ステップ72では、シリンダ吸入空気量 (シリンダ部空気質量 C_c) の算出のため、次式のごとく、図11のルーチンで求めたシリンダ部空気体積量 V_c に、マニホールド部空気質量 C_m を掛算し、また、マニホールド部容積 V_m (一定値) で除算して、シリンダ部空気質量 C_c (g) を求める。

$$C_c = V_c \cdot C_m / V_m$$

$$\dots (1)$$

であるので、シリンダ部について、

$$\dots (2)$$

るので、

$$\dots (3)$$

部について、

$$\dots (4)$$

により、1サイクル (2回転=720deg) 毎のシリンダ部空気質量 (g/cycle) に変換する。

【0080】尚、加重平均処理は、スロットル弁が大きく開いている (全開) 時等の吸気の脈動が大きいときに限定して行くと、制御精度と制御応答性を両立させることができる。図15はこの場合の後処理ルーチンのフローチャートである。ステップ85でシリンダ部空気質量 C_c (g) の変化量 ΔC_c を算出する。続いてステップ86でこの変化量 ΔC_c が所定範囲内 (所定値Aより大きく所定値Bより小さい) か否かを判定する。所定範囲内の場合は、加重平均処理をする必要ないので、ステップ87で C_{ck} (g) = C_c (g) とした後、ステップ82で図14のステップ82と同じに1サイクル (2回転=720deg) 毎のシリンダ部空気質量 C_{ck} (g/cycle) に変換する。変化量 ΔC_c が所定範囲外である場合は、ステップ81で図14のステップ81と同じにシリンダ部空気質量 C_c (g) を加重平均処理して C_{ck} (g) を算出し、ステップ82へ進む。

【0081】以上のようなシリンダ吸入空気量 (シリンダ部空気質量 C_c 、 C_{ck}) の算出により、すなわち、

マニホールド部空気質量 C_m の収支計算を行いつつ、マニホールド部空気質量 C_m とシリンダ容積 V_c とに基づいてシリンダ吸入空気量 (シリンダ部空気質量) C_c を算出するに際し、内部 EGR 量の推定値を用いることで、シリンダ吸入空気量を正確に求めることができる。

【0082】 によって、可変動弁エンジンでのシリンダ吸入空気量の算出精度を大幅に向上させることができ、燃料噴射量制御においては、空燃比制御精度が向上し、これにより排気性能及び運転性能が大幅に向上する。また、圧力センサや温度センサを一切設けることなく実施できるので、コストアップを招くこともない。

【0083】 次に、内部 EGR 量の推定算出を行って、最適な点火時期制御を行う第3の実施形態について説明する。図16は、該第3の実施形態の制御ブロック図を示す。内部 EGR 量演算部では、既述のように排気弁閉時期 EVC 、吸気弁開時期 IVO 、エンジン回転速度 N_e とに基づいて内部 EGR 量 (体積量) $X(v)$ を、推定演算する。

【0084】 残ガス率演算部では、前記内部 EGR 量に外部 EGR を行う場合は外部 EGR 量を加算して残ガス量 (体積量) を EGR ガスの密度 ρ を用いて残ガス量 (質量) $X(g)$ に換算し、該残ガス量 (質量) $X(g)$ をシリンダ内総ガス量 (質量) $V_c(g)$ で除算した残ガス率 γ を算出する。ここで、シリンダ内総ガス量 (質量) は、前記残ガス量 (質量) $X(g)$ に、第2の実施形態で示したように算出されるシリンダ部空気質量 $C_c(g)$ を加算して算出される。

【0085】 燃焼速度演算部では、前記残ガス率 γ とに基づいて燃焼速度 B_v を算出する。ここで、残ガス率 γ が大きいときほど、燃焼速度 B_v は小さい値に算出される。燃焼反応時間演算部では、前記燃焼速度 B_v に基づいて点火時期から燃焼圧力がピークとなるまでの燃焼反応時間 B_t を算出する。MBT 演算部では、前記燃焼反応時間 B_t に基づいて、MBT (最大トルク発生点火時期) を算出する。具体的には、燃焼反応時間 B_t をエンジン回転速度 N_e に基づいてクランク角期間に換算した上で、圧縮上死点よりやや遅角側の所定クランク角位置で燃焼圧力がピークとなるように、該所定クランク角位置から前記燃焼反応時間 B_t 相当のクランク角期間だけ進角側のクランク角位置を、MBT として算出する。

【0086】 このようにすれば、内部 EGR 量に基づいて燃焼速度を高精度に推定して、過渡時にも MBT を正確に算出して、最適な点火時期制御を行え、ひいては燃費を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の各実施形態に共通する可変動弁の制御装置を備えたエンジンのシステム図。

【図2】 同じく吸・排気弁の電磁駆動装置の基本構造図。

【図3】 第1の実施形態における吸気弁の目標閉時期設定ルーチンのフローチャート。

【図4】 同じく内部 EGR 量の基本値を算出するサブルーチンのフローチャート。

【図5】 同じく内部 EGR 量のオーバーラップによる基本補正値を算出するサブルーチンのフローチャート。

【図6】 前記基本補正値の吸気圧による補正係数を算出するサブルーチンのフローチャート。

【図7】 前記内部 EGR 量の基本値の特性を示す図。

【図8】 前記オーバーラップによる基本補正値の特性を示す図。

【図9】 前記基本補正値の吸気圧による影響を示す図。

【図10】 第2の実施形態の制御ブロック図

【図11】 同じくマニホールド部流入空気量算出ルーチンのフローチャート

【図12】 同じくシリンダ容積算出ルーチンのフローチャート

【図13】 同じく連続計算 (マニホールド部吸気収支計算及びシリンダ吸入空気量算出) ルーチンのフローチャート

【図14】 同じく後処理ルーチンのフローチャート

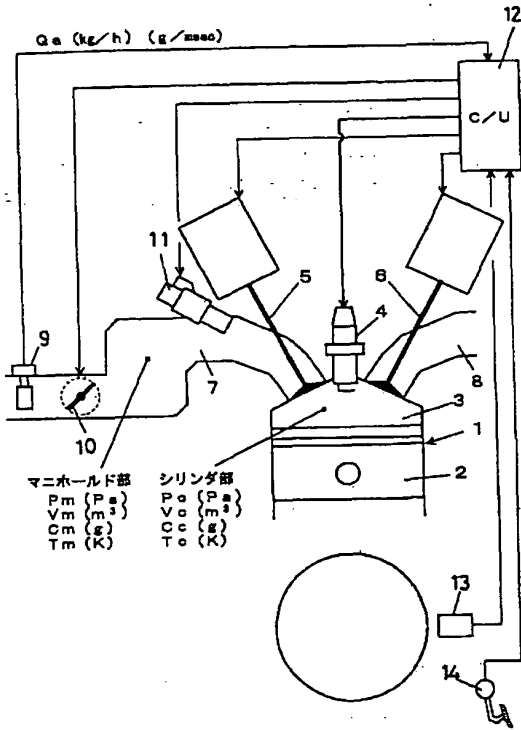
【図15】 同じく後処理ルーチンの他の例のフローチャート

【図16】 第3の実施形態の制御ブロック図

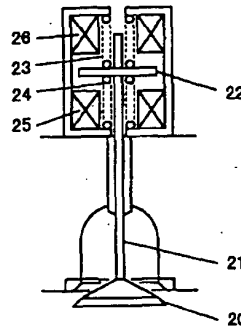
【符号の説明】

- 1 エンジン
- 4 点火栓
- 5 電磁駆動式の吸気弁
- 6 電磁駆動式の排気弁
- 7 吸気通路
- 8 排気通路
- 9 エアフローメータ
- 10 電制スロットル弁
- 11 燃料噴射弁
- 12 コントロールユニット
- 13 クランク角センサ
- 14 アクセルペダルセンサ

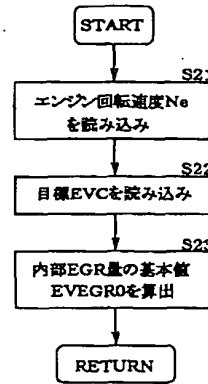
【図1】



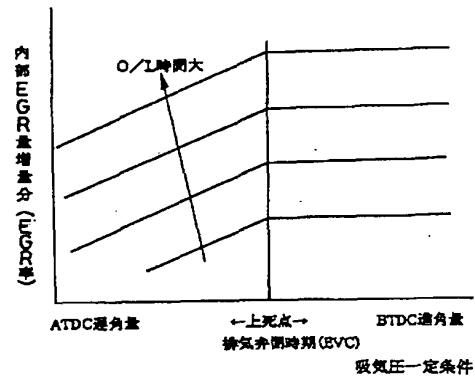
【図2】



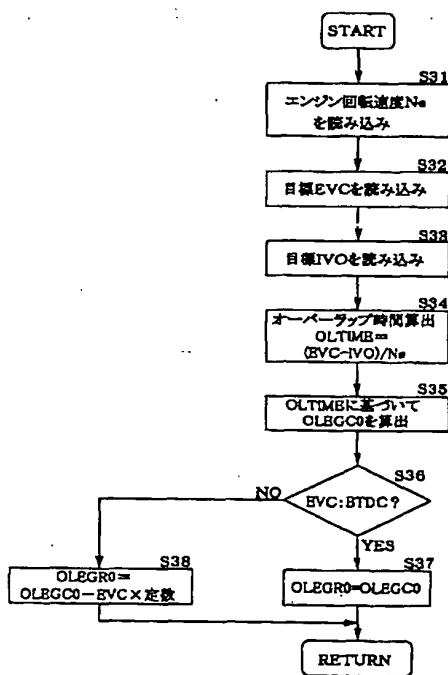
【図4】



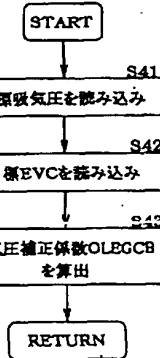
【図8】



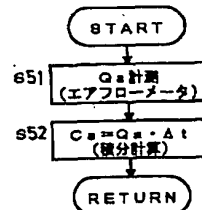
【図5】



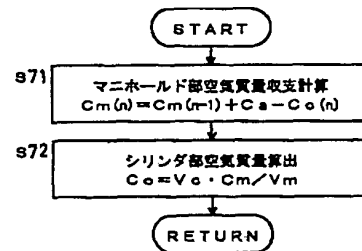
【図6】



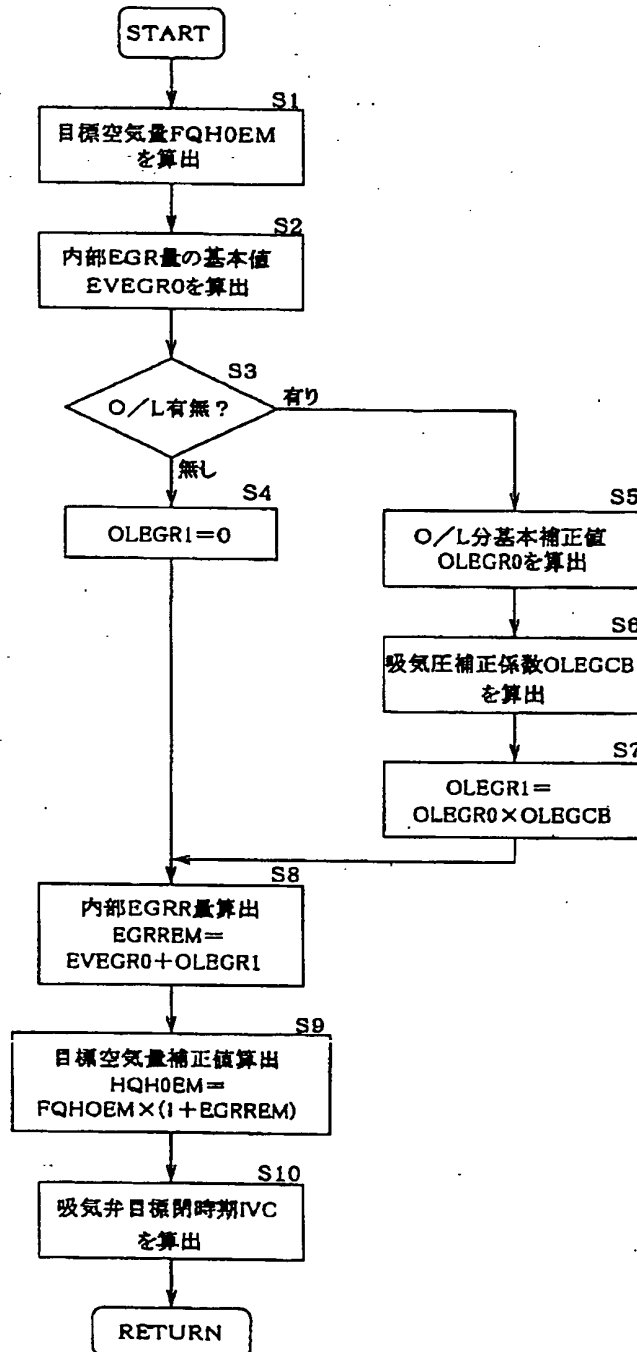
【図11】



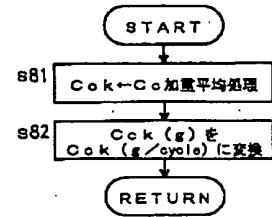
【図13】



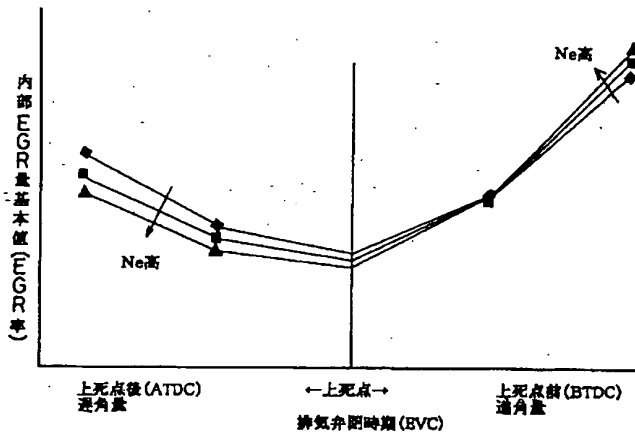
【図3】



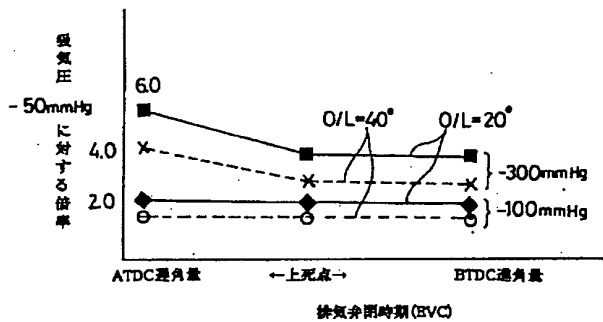
【図14】



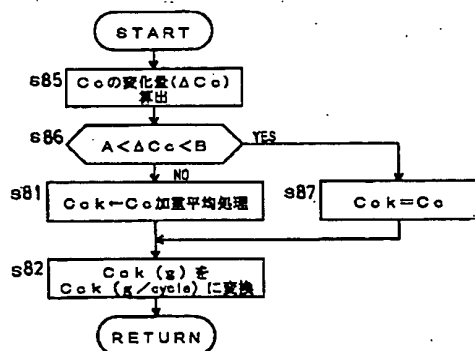
【図7】



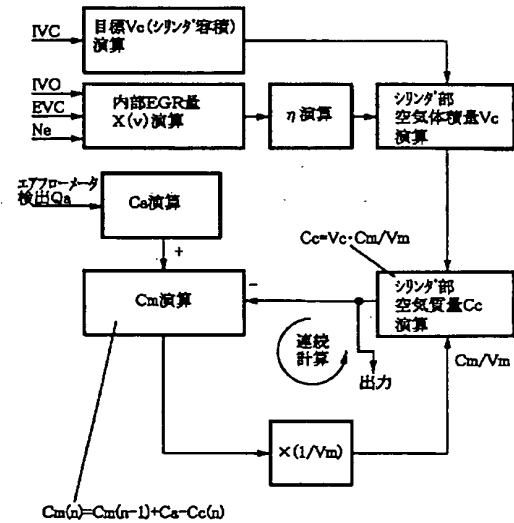
【図9】



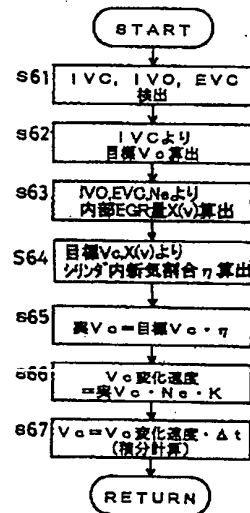
【図15】



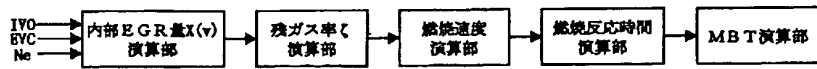
【図10】



【図12】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷		識別記号	F I	テマコード (参考)
F 0 2 D	41/02	3 0 1	F 0 2 D 41/02	3 0 1 E
	41/04	3 2 0	41/04	3 2 0
	43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 B
				3 0 1 N
				3 0 1 Z
F 0 2 P	5/15		F 0 2 P 5/15	G